

TELEKAAPELIT TIENRAKENTAMISEN SIDOSRYHMÄTÖISSÄ

Kostamo Julia

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Julia Kostamo	Vuosi	2020
Ohjaaja	Janne Poikajärvi		
Työn nimi	Telekaapelit tienrakentamisen sidosryhmätöissä		
Sivu- ja liitesivumäärä	35 + 2		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä tyypilliset telekaapelityöt ja hyvät työmenetelmät erityisesti, kun televerkon rakentaminen toteutetaan tienrakentamisen sidosryhmätyössä. Tavoitteena oli perehdyttää lukija oikeanlaisiin rakennusmenetelmiin ja hyviin yhteisrakentamiskäytäntöihin. Tarkastelun kohteena oli myös telerakentamisen ongelmakohdat nykypäivän infrarakentamisessa, kuten heikko digitalisoituminen suunnittelun ja dokumentoinnin osalta.

Työhön kerättiin ja koottiin tietoa sekä virallisista ohjeista että infra- ja telerakentamisen ammattilaisten kommentteista eri julkaisuissa.

Yhteistyön kehittämiseksi yksinkertaiseksi ratkaisuksi todettiin sidosryhmien välisen viestinnän toteuttaminen pilvipalvelupohjaisesti. Kaapelirakenteiden suunnittelun ja dokumentoinnin tietomallipohjaisen toteuttamisen pohdittiin olevan tärkeää tulevaisuuden infrarakentamisen kannalta.

Avainsanat tietoliikenneverkot, infrarakentaminen,
yhteisrakentaminen

Degree Programme in Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Julia Kostamo	Year	2020
Supervisor	Janne Poikajärvi		
Subject of thesis	Telecommunication Cables in Road Co-construction		
Number of pages	35 + 2		

The purpose of this thesis was to present the telecommunications construction methods when built in co-construction with the other infrastructure. The aim was to become familiar with the right construction methods and good co-construction practices. The problem areas of telecommunications construction such as weak digitalisation in the design and documentation were also examined.

Information for this thesis was collected from the official guidelines and comments given by professionals in various publications.

As a conclusion, a simple solution to improve cooperating between the co-construction parties was to use cloud services for communication. Information modelling of the design and documentation of the cable structures was considered important for the future construction.

Key words telecommunications networks, infrastructure
construction, co-construction of infrastructure

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KIIINTEÄ TELEVERKKO	7
2.1 Historia.....	7
2.2 Nykytila	8
2.3 Verkon rakenne	8
3 SUUNNITTELUPERIAATTEET	10
3.1 Luvat ja määräykset.....	10
3.2 Materiaalivalinnat.....	11
3.2.1 Maakaapeli.....	11
3.2.2 Putkistot ja suojaus	13
3.2.3 Mikrokanava	14
3.3 Suunnitelmat.....	15
4 KAAPELITYÖT JA TYÖMENETELMÄT	18
4.1 Suojaus ja siirto	18
4.2 Kaapeliojat	18
4.3 Alitukset	21
4.4 Verkon laitteet.....	22
5 RAKENTAMINEN	24
5.1 Työn aloitus	24
5.1.1 Urakoitsijan valinta	24
5.1.2 Aloituskatselmukset.....	24
5.2 Työn aikana	24
5.2.1 Kaapelinäyttö	24
5.2.2 Työturvallisuus	25
5.2.3 Valvonta	26
5.3 Työn päätös	26
5.3.1 Loppudokumentit.....	26
5.3.2 Loppukatselmukset	27
6 YHTEISTYÖ JA TYÖNJAKO	28
6.1 Yhteisrakentaminen	28
6.2 Työn kulun suunnittelu	28

6.3	Yhteistyön ja yhteydenpidon kehittäminen.....	29
7	POHDINTA	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehdyttää lukija tyypillisiin telekaapelitöihin ja niihin liittyviin maanrakennustöihin erityisesti tienrakentamisen sidosryhmätöissä. Perustasoinen tietämys kiinteän televerkon fyysisestä toiminnasta, osista sekä niiden rakentamismenetelmistä luovat pohjan aika- ja kustannustehokkaaseen yhteisrakentamiseen. Työ käsittelee kaapelirakentamista ja yhteistyökäytäntöjä sidosryhmätöissä erityisesti työnjohdollisesta näkökulmasta.

Tietoliikenneyhteydet on jo vuosia rakennettu maakaapeloimalla pääasiassa tiealueille ja taajamiin. Uusien putki- ja telekaapelireittien tai olemassa olevien yhteysvalmiuksien parantaminen tapahtuukin usein tien rakentamisen tai parantamisen yhteydessä. Oman kokemukseni teleurakoitsijan työnjohdossa työskentelystä on se, että tieurakoitsijoille voi olla hankala hahmottaa valittujen verkkorakenteiden ja -reittien suunnitteluperusteita, tai esimerkiksi kaapelinsiirtojen tai putkivarausten rakentamisen tärkeyttä. Sidosryhmätöiden toteuma- ja aikatauluseuranta ovat teleurakoitsijalle myös usein todella työllistäviä.

Kun kaapelirakentamista tehdään yhdessä tieurakoitsijan kanssa sidosryhmätyönä, on tärkeää tuntea paitsi oikeat työskentelytavat, myös huomioida hyvät yhteistyökäytännöt urakoitsijoiden välillä. Tämän työn tavoitteena onkin paitsi esitellä tyypillisimpiä kaapelirakenteita ja niiden rakentamistapoja, myös nostaa esille jo olemassa olevia työkaluja rakennushankkeen parempaan suunnitteluun, hallintaan ja yhteistyökäytäntöihin, joiden käyttöönotto toisi kaapelirakentamisen sidosryhmätöissä nykypäivään.

2 KIINTEÄ TELEVERKKO

2.1 Historia

Tietoliikenne on tiedon siirtoa lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Nykyään laajan tiedonsiirron mahdollistaa kiinteä televerkko, jonka aikaisempien versioiden historia johtaa yllättävän kauas. Alkeellisiksi tiedonsiirron keinoiksi voidaan ajatella esimerkiksi savumerkit ja kirjeposti. Sähköisen tiedonsiirron ensiaskel oli kuitenkin langallisen lennättimen keksiminen. Ensimmäisen käytännöllisen lennätinjärjestelmän rakensi Samuel Morse vuonna 1844 Yhdysvalloissa. Tämä yhden johdinyhteyden linja otettiin käyttöön Washingtonin ja Baltimoren välillä, ja sillä kommunikoi Morsen aakkosin, eli eri mittaisin sähkösignaalipainalluksin. Lennätin oli ensimmäinen viestintäväline, jolla pystyttiin luomaan lähes välitön kommunikointiyhteys mannerten välillä. (Mäkelä 2008.)

Puhelin keksintönä esiteltiin ja patentoitiin vuonna 1876 Alexander Graham Bellin toimesta. Jo seuraavana vuonna rakennettiin Suomen ensimmäinen puhelinlinja Helsinkiin. Puheen sähköinen välitys toimi soittamalla lähimpään puhelinkeskukseen, josta puhelunvälittäjä kytki puhelun käsin vastaanottajan puhelinlinjaan. Puhelinjohdot olivat aluksi galvanoidusta rautalangasta tehtyjä kaapeleita, mutta 1880-luvulla ne muutettiin kupari- tai pronssijohdoiksi. Puhelinkaapelit rakennettiin aluksi täysin ilmakaapelointina kattojen ja pylväiden varaan, jolloin ne olivat alttiita esimerkiksi huonoille sääolosuhteille. Suomessa puhelinkaapeleita alettiin ensimmäisen kerran sijoittamaan maan alle suojaan vuonna 1899. (Elisa 2020.)

Puhelimia varten rakennettu kuparikaapeliverkko toimi tiedonsiirron pohjana, kun 1960-luvulla internetistä rakennettiin ensimmäisiä versioita liittämällä tietokoneita toisiinsa. ATK-tekniikka kehittyi nopeasti, ja 70-luku olikin datansiirron läpimurron aikaa. Suomen puhelinkeskuksista tehtiin tietokoneohjattuja ja kaapelitelevisioverkkoa sekä ensimmäisiä optisia valokuituyhteyksiä rakennettiin. Vuosikymmenen lopulla verkossa oli jo 6000 modeemia. (Elisa 2020.)

Tietotekniikan kehityksen myötä valokuitukaapelia alettiin käyttää yhä enemmän, jolloin samassa johdossa voitiin välittää puhetta, dataa, radio- ja tv-ohjelmia

tehokkaasti ja nopeasti. Mitä kauemmaksi tietoa siirretään, sitä enemmän kuparijohdon signaali heikkenee ja sen tiedonsiirtokyky laskee. Tämän vuoksi valokuitua käytettiin ensin runkokaapelina pitkien välimatkojen tiedonsiirtoon. Nykypäivän tietoliikenteen määrällä ja nopeustavoitteilla suositaan yhä enemmän valokuitua.

2.2 Nykytila

Nykypäivänä kiinteä televerkko on osa lähes jokaista kotitaloutta. Suomen runkoverkot ovat jo pääosin valokuitua, mutta kupariyhteydet ovat vielä yleisiä etenkin liityntäverkoissa ja kotitalouksissa. Verkkoa rakennetaan nykyään uudisrakentamisessa maakaapelointia käyttäen, ja vanhoja ilmalinjoja korvataan maanvaraisiksi kaapeleiksi tai langattomiksi yhteyksiksi.

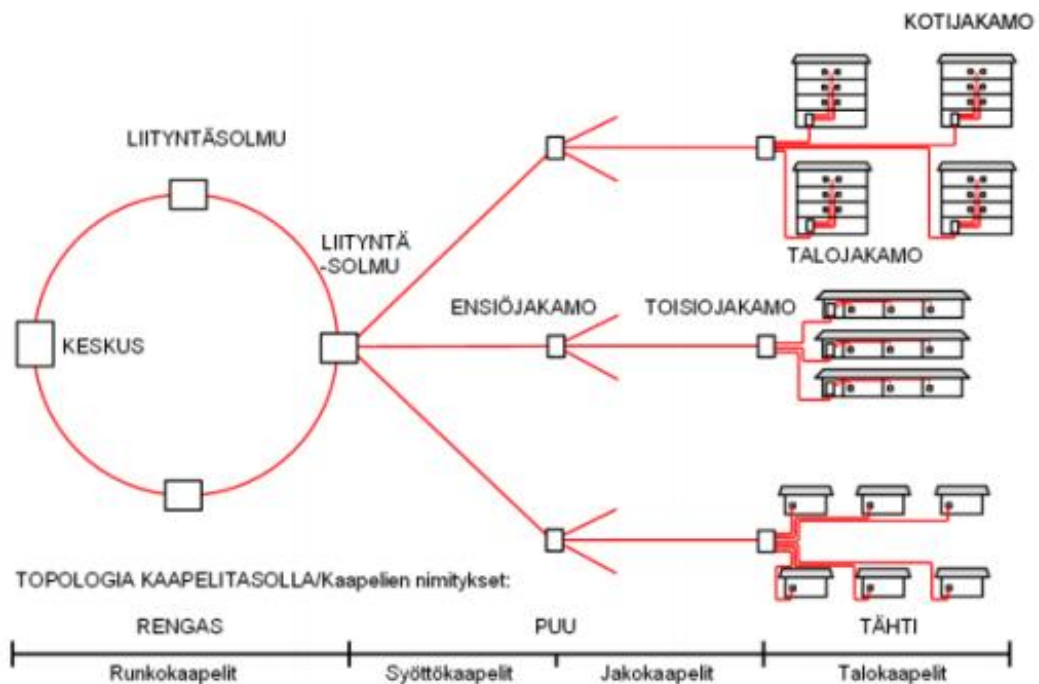
Vaikka langattomien yhteyksien käyttö on viime vuosina lisääntynyt huomattavasti, on kiinteä verkko edelleen ja tulevaisuudessakin välttämätön osa tiedonsiirtoa. Kaikki mobiilipuhelut ohjautuvat lähimmästä mastosta tai tukiasemasta runkoverkkoon, ja puhelu kulkee jopa 95 prosenttia matkastaan maan alla. Lisäksi tulevaisuuden 5G-yhteys tarvitsee kiinteää verkkoa, sillä se kulkee tukiasemien välillä valokuitua pitkin. (Valokuitunen 2020a; Valokuitunen 2020b.)

2.3 Verkon rakenne

Kiinteällä verkolla tarkoitetaan verkkoa, jossa data siirtyy kiinteitä johtimia pitkin. Lisäksi kiinteään verkkoon voidaan luokitella myös yhteys, joka kulkee kahden kiinteän pisteen välillä. Verkon rakennetta, eli topologiaa, voidaan tarkastella sen fyysisin ominaisuuksin, eli missä kaapelit kulkevat, tai sen loogisin ominaisuuksin, eli miten yhteys verkossa toimii. Verkon fyysinen ja looginen rakenne eivät aina vastaa toisiaan. Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin verkon kiinteitä johtimia ja verkon fyysistä rakennetta. (Kilkki 2015, 97.)

Yksinkertaistettuna televerkko koostuu keskuksista, jakamoista ja kaapeleista. Keskukselta lähtevän kaapelin johdinparit tai valokuidut haaroitetaan jakamossa tilaajalle. Jakamot voidaan luokitella pääjakamoihin (ensiöjakamo),

aluejakamoihin (toisiojakamo) ja talojakamoihin, riippuen millaista käyttäjämäärää jakamo palvelee. (Lehenberg & Melama 2018, 10.)



Kuvio 1. Verkon rakenne ja kaapelien nimitykset (Soininen 2013, 16)

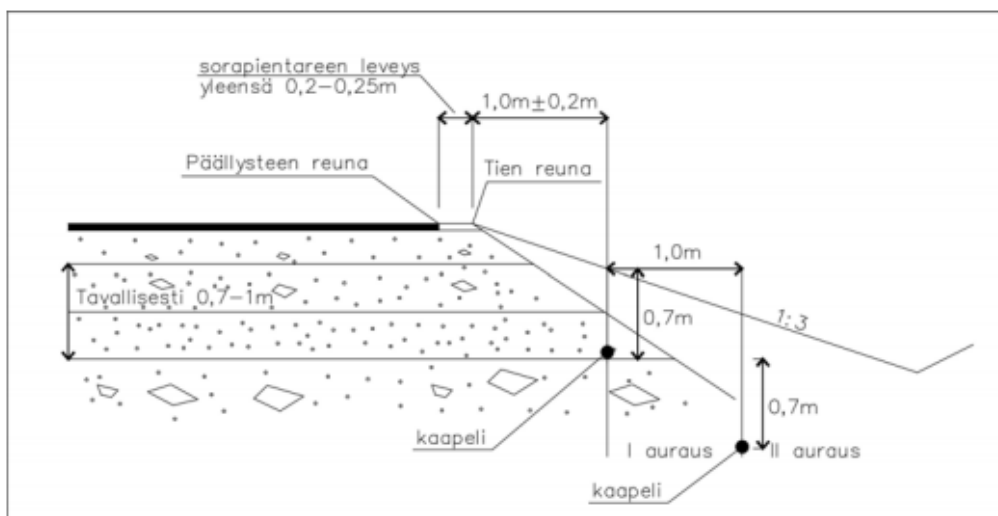
Kuviossa 1 on kuvattu liityntäverkon rakenne kaapelitasolla. Runkokaapeli on rakennettu rengasverkoksi, ja sen solmukohdasta lähtevät syöttökaapelit ja jakokaapelit muodostavat puumaisella topologialla verkon jakamoissa haarautuen. Talokaapelit noudattavat tähtimäistä topologiaa.

3 SUUNNITTELUPERIAATTEET

3.1 Luvat ja määräykset

Telekaapeloinnin suunnitteluvaiheessa tulee huomioida kaapelitöitä koskevat määräykset ja tarvittavat luvat kaapelointiin. Telekaapeleiden sijoittamista maantien alueelle koskevat lähinnä tietoyhteiskuntakaari (917/2014) ja maantielaki (503/2005) (Liikennevirasto 2016, 13). Kaikkeen työhön, joka kohdistuu tiehen tai suoritetaan tiealueella, tarvitaan tienomistajan lupa. Työlupa haetaan rakennettavan kohteen sijainnin mukaan yleensä ELY-keskukselta tai kaupungilta. Kaikkien rakenteiden, rakennelmien ja laitteiden sijoittamiseen tiealueella tarvitaan myös sijoituslupa. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020.)

Kaapeleiden sijoituksessa huomioidaan paitsi tiealueen nykyiset johdot ja ympäristö, myös ainakin seuraavan viiden vuoden kuluessa toteutettavat tienparannustyöt. Rakentamisessa tulee hyödyntää yhteisöjä ja -rakentamista muiden johtorakenteiden ja -rakentajien kanssa niin paljon kuin mahdollista. Telekaapelit voidaan asentaa sähkökaapeleiden kanssa samaan kaivantoon. Valokuitukaapelilla ei tarvitse olla sähkökaapeliin turvaetäisyyttä, mutta kuparia sisältävän johdon etäisyys sähkökaapeliin tulee olla 0,3 metriä. (Liikennevirasto 2016, 15.)



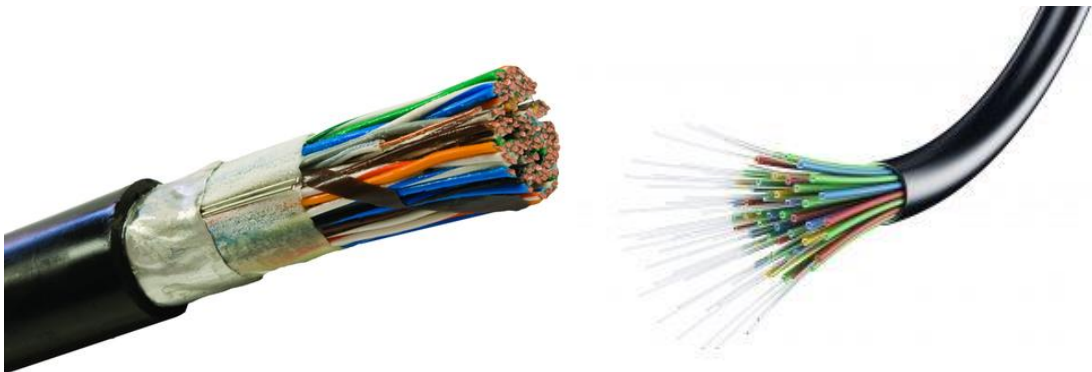
Kuvio 2. Maakaapelin sijainti tien sisäluiskassa (Liikennevirasto 2016, 38)

Tien pituussuuntainen maakaapeli asennetaan tyypillisesti 0,7 metrin syvyyteen ja 1,0 metrin päähän tien reunasta (Kuvio 2). Asennussyvyyksissä ja -etäisyyksissä voi olla joitakin eroavaisuuksia asennustavan tai tien ominaisuuksien ja sen ympäristön mukaan. Esimerkiksi jyrkkäluiskaisen tien ojan pohjaan asennettaessa asennussyvyyden tulee olla 0,8 metriä. Telekaapelin yläpuolelle asennettava varoitusnauha tulee olla vähintään 0,2 metriä kaapelin yläpuolella. Vajaasyvyiset ja muiden rakenteiden läheisyyteen asennettavat kaapelit on suojattava. (Liikennevirasto 2016, 19–21.)

3.2 Materiaalivalinnat

3.2.1 Maakaapeli

Kaapeloinnin suunnitteluvaiheen alussa kartoitetaan alueen nykyiset yhteydet ja potentiaaliset tulevat verkkoon liittyjät. Alueen olemassa oleva kaapelointi ja alueen rakentamisen laajuus sanelevat pitkälti sen, käytetäänkö kaapeloinnissa kuparista kaapelia (kuvio 3) vai valokuitukaapelia (kuvio 4), ja kuinka suuria kaapeleita käytetään.



Kuvio 3. Kuparikaapeli (Onninen 2020) Kuvio 4. Valokuitukaapeli (Finnet-liitto 2020)

Kuparikaapelin tiedonsiirto perustuu sen sisällä kulkeviin kuparisiin johdinpareihin. Valokaapeli koostuu useista yksittäisistä valokuiduista, joissa tieto kulkee lasisessa kuidussa valona eri aallonpituuksilla. Yhdessä valokuitukaapelissa on 4–192 kuitua. Valokuidun suorituskyky on johdinparilliseen kuparikaapeliin verrattuna nykypäivän vaatimuksia paremmin palveleva. (BCC Solutions, 2020.)

Kaapelit toimitetaan tyypillisesti puisilla tai vanerisilla kaapelikeloilla. Kaapelikelat ovat pantillisia, eli ne palautetaan uudelleen käytettäväksi materiaalitoimittajalle. Kaapelikeloja säilytetään ja käsitellään aina pystyasennossa. Kaapeleita käsitellessä tulee huomioida kaapelin taivutussäde ja asennusvetovoima. Kaapeleiden käyttöönoton toimivuuden takaamiseksi niitä ei saa siis taivuttaa tarpeettoman tiukasti, eikä niihin saa kohdistaa liiallista tai kaapelin sisäiseen rakenteeseen kohdistuvaa epätasaista vetoa.

Telekaapeleita on olemassa erilaisia riippuen siitä, asennetaanko kaapeli esimerkiksi maahan, veteen vai ilmaan, tai onko se osa runko-, jako- vai taloverkkoa. Tyypillisin kaapelointitapa on asentaa kaapelit maanvaraisesti.



Kuvio 5. Valokaapeleiden tyypimerkinnät kaapeleissa (Nestor Cables 2020)

Kaapeleiden tyypimerkinnät (kuvio 5) kertovat kaapelin rakenteen ja valokaapelin kuitumäärät ja –ryhmät, tai kuparikaapelin johdinparien määrät. Tyypimerkinnät on merkattu kaapelin vaippaan. Yleisesti kaapelitöiden maanrakentajalle riittää, kun osaa tunnistaa tyypimerkintöjen perusteella kupari- ja valokuitukaapelit toisistaan, ja osaa lukea niiden pari- tai kuitumäärät. Kuitukaapelin tunnistaa helposti tyypimerkinnän ensimmäisestä kirjaimesta F (fiber).

Esimerkkejä kaapelien tyypimerkinnöistä:

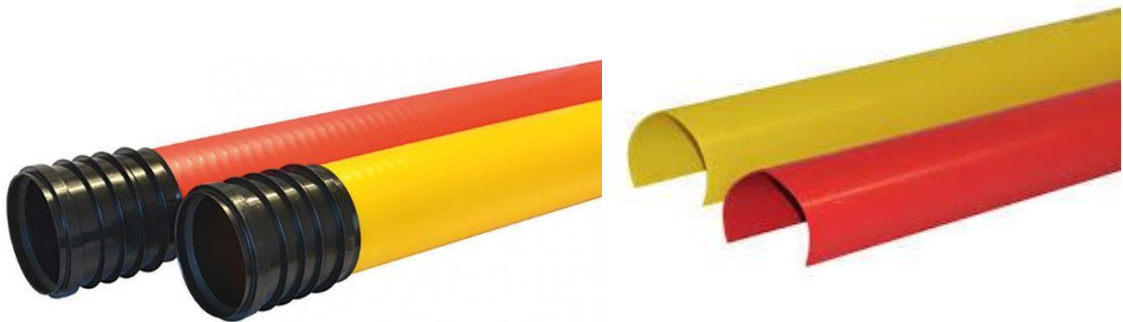
- FYOVD2PMU 4 x 6 x SML, on valokaapeli, jossa on ontelorakenne, täyttömassa, poimutettu teräsnauha, kaksi teräslankaa, muovivaippa ja se on tarkoitettu ulkokäyttöön. Kaapelissa on neljä kuuden kuidun ryhmää. (Liite 1.)

- VMOHBU-TL 50 x 2 x 0,5, on vaahtomuovieristeinen, vaseliinitäytteinen, metalli laminaatti-muovivaippainen ulkokaapeli, ja siinä on tinattu maadoitusjohdin ja 50 paria, johtimen halkaisijan ollessa 0,5 mm. (Hexatronic 2015, 107–109.) (Liite 2.)

3.2.2 Putkistot ja suojaus

Tienrakentamisen yhteydessä tiealueelle asennetaan usein maanvaraisia putkia ja kaivoja telekaapeleita varten. Putkien käyttö on tyypillistä, kun ei tiedetä alueen tulevaa yhteystarvetta, tai kun rakennetaan päällystetyille alueille. Putkistoihin voidaan asentaa kaapelit myöhemmin ilman kaivuutöitä. Putkistossa kulkeva kaapeliverkko on myös paremmin suojassa myöhempiä kaivuutöitä varten.

Kaapeliputkissa käytetään tyypillisesti signaalivärejä niiden käyttökohteen mukaan, jotta ne on helppo tunnistaa kaivuutöissä. Telekaapeleille käytettävät putket ja kourut ovat punaisia. Kaapelinsuojaputket jaetaan standardin SFS 5608 mukaisesti rengasjäykkyyden ja iskulujuuden perusteella lujuusluokkiin A ja B. A-luokan putket ovat teiden alituksissa käytettäviä, lujempia putkia. Putket ovat tyypillisimmin kooltaan 100 mm tai 110 mm, ja ne on valmistettu PVC- tai PE-muovista. (Onninen 2013, 2.)



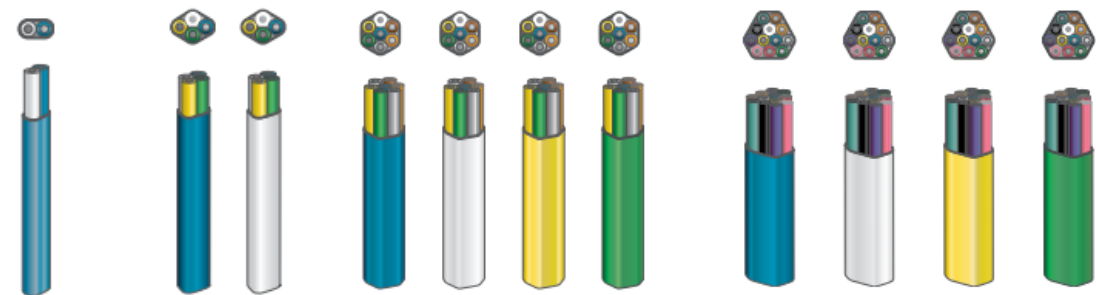
Kuvio 6. Suojaputki (Pipelife 2020a, 9) Kuvio 7. Kaapelikouru (Pipelife 2020a, 8)

Kanavaputkistot (kuvio 6) voivat muodostaa suurenkin verkoston, johon kaapeleita voidaan lisätä kaivamatta. Verkoston risteämä- ja taitekohtiin asennetaan kaivoja, joista kaapelia voidaan työntää putkeen käsin, tai kaapeli voidaan vetää putkeen sen läpi viedyn vaijerin avulla.

Kaapeleiden suojaukseen käytetään putkia tai limittäin asennettuja kaapelikouruja (kuvio 7). Suojauksen tarve voi olla esimerkiksi vajaasyvyinen asennus tai muut rakenteet kaapelin läheisyydessä. Putkia käytetään suojauksena useimmiten teiden alituksissa, jolloin kaapelit ovat paitsi suojassa tien rakenteelta, voidaan tien ali viedä myös lisää kaapeleita myöhemmin kaivamatta tien läpi.

3.2.3 Mikrokanava

Maakaapeloinnille vaihtoehtona voi olla mikrokanavan maanvarainen asennus. Rakennusvaiheessa kaapelin sijaan maahan asennetaan mikrokanavanippu (kuvio 8), johon valokuitu puhalletaan myöhemmin jakokaapilta.



Kuvio 8. Eri kokoisia mikrokanavanippuja (Hexatronic 2015, 16)

Mikrokanavan etu on se, että voidaan rakentaa kustannustehokkaasti hyvät varaukset tulevaisuuden käyttöastetta tietämättä. Esimerkiksi uuden kaava-alueen rakentamisessa voi olla vaikea ennustaa tulevia loppukäyttäjämääriä. Mikrokanavatekniikan käyttäminen vähentää myös rakentamiseen liittyviä teletöitä, kun verkon liityntäpisteitä, eli jakokaappeja ja jatkoksia, tarvitaan vähemmän. Mikrokanavalla rakennettua voidaan myös laajentaa verkkoa helposti, sillä mikrokanavaa voidaan jatkaa yksinkertaisesti liittimillä. Mikrokanavissa käytetään Suomessa kuitujen ja putkien värikoodausjärjestelmää (FIN2012), joka helpottaa verkon suunnittelua ja rakentamista. (Hexatronic 2015, 5.)

Mikrokanavatekniikan ongelmaksi muodostuu helposti maanrakennusvaiheessa oikeaoppisen asentamisen laiminlyönti. Mikrokanavanipun tulisi kulkea mahdollisimman suorana, jotta kuidun puhallus mikroputkeen onnistuu.

Kaapeliojan pohjan ja esitäytön maa-ainesten tulee olla tarpeeksi hienojakoista, jotta tiivistetty tai routiva maa ei aiheuta mikrokanavalle mekaanista räsytystä, kuten painaumia tai taipumia. Mikäli mikrokanavanipun purkaa kelalta löysänä tai vaaka-asennossa, voi nippu jäädä aaltomaiseen asentoon, joka myös huonontaa puhallustulosta. Näiden ongelmien välttämiseksi on tilaajalta tavallista vaatia, että rakentava urakoitsija on suorittanut mikrokanavavalmistajan järjestämän sertifikaattikoulutuksen.

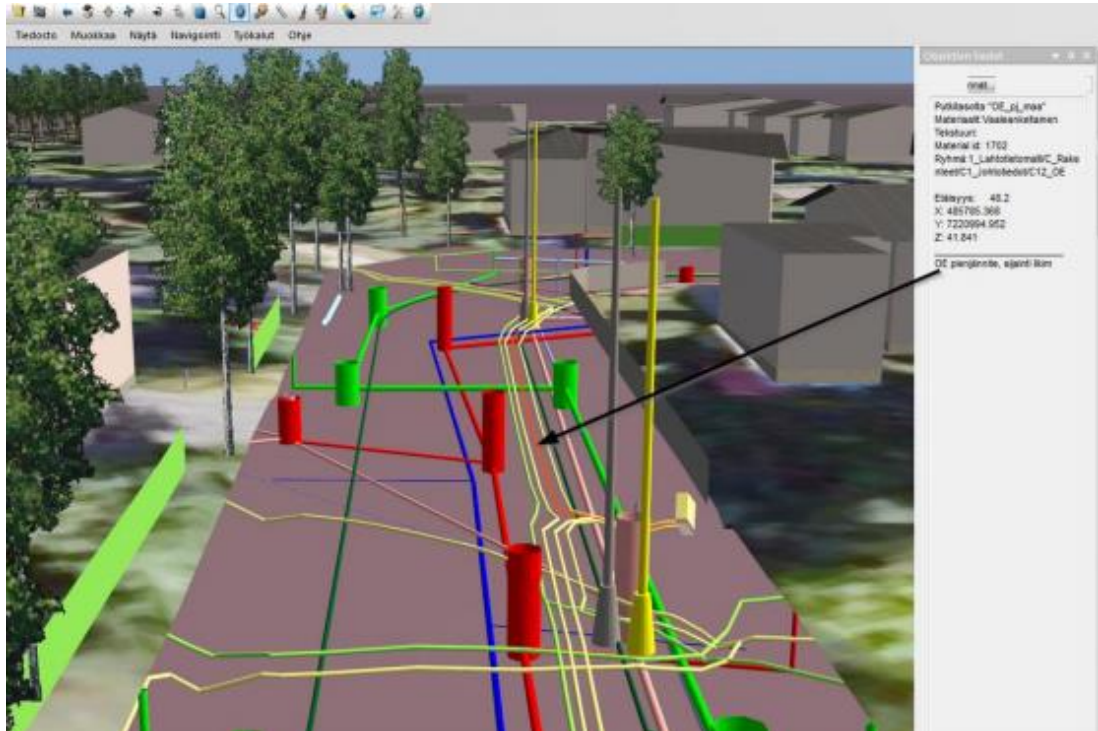
3.3 Suunnitelmat

Yleinen käytäntö telekaapelisuunnitelmissa on käyttää karttakuvaan piirrettyjä kaapelireittejä ja materiaalistauksia. Käytetyt karttapohjat ovat yleensä operaattorikohtaisia, jolloin suunnitelmakartassa voi näkyä rakennettavan kaapelin omistajan muita kaapeleita, mutta ei muiden johdonomistajien. Suunnitelmaan voi liittyä myös valokuvia tulevan reitin maastosta, jolloin mahdolliset poikkeuskohdat on osattu huomioida suunnitelmassa. Kaapeleiden tarkassa sijoituksessa noudatetaan yleisiä määräyksiä tai esimerkiksi rakennettavan alueen rajallisen tilan asettamia mahdollisuuksia.

Karttakuviin suunnittelu, rakentajan punakynämerkinnät (5.3.1) ja korkeustiedottoman sijainnin tallennus kaapelista eivät kuitenkaan palvele hyvin yhteisrakentamista tai olemassa olevien rakenteiden huomioimista rakentamisessa ja ylläpidossa. BuildingSMART Finlandin Koulutuksen toimialaryhmä teki vuoden 2019 lopulla tietomallintamisen osaamistarvekyselyn rakennusalan yrityksille saadakseen tietoa alan tietomalliossaamisen kehitystarpeista. Esille nousseita vastauksia olivat mm. yhtenäisten toimintatapojen luominen ja kaupunkimallien laajentuva hyödyntäminen. (BuildingSMART Finland 2020.)

Mallipohjaisella suunnittelulla ja rakentamisella tähdätään infrakohteen tehokkaampaan ja laadukkaampaan toteuttamiseen. Inframallit parantavat myös rakentamisen laadun seuraamista. Jos infrahankkeeseen liittyvät kaapelointityöt ja olemassa olevat kaapelit olisivat tietomallinnettuja, olisi kaapeliverkon rakentaminen tehokkaampaa ja kaapeliverkon viat rakentamisen yhteydessä luultavasti huomattavasti vähäisempiä. Tietomallinnettu suunnitelma palvelisi

myös paremmin eri johtojen, kuten sähkö- ja telekaapeleiden, yhteisrakentamista tiehankkeen yhteydessä, kun eri suunnitelmat olisi yhdistettävissä yhdeksi tietomalliksi.



Kuvio 9. Tietomallinnettuja johto- ja vesihuoltoputkistoja (Korpela 2015, 23)

Nykyinen toimintamalli on paitsi rakentamisen kannalta vanhanaikainen, se ei myöskään palvele tulevaisuuden digitalisoituvia rakentamismenetelmiä. Tietomallintamista voitaisiin käyttää, ja sitä käytetään jo, joissain rakennuskohteissa myös telerakenteiden osalta (kuvio 9).

Nykyään tietomallintamista varten hankitut tiedot olevista kaapeleista ovat kuitenkin epätarkkoja, jolloin tietomallista ei saada täyttä hyötyä. Telekaapeleiden sijainti tallennetaan GPS:n avulla, jonka tarkkuus voi vaihdella 10 senttimetristä jopa metriin. Telekaapeleiden syvyystietoa ei tallenneta ollenkaan, ellei kaapelia ole asennettu poikkeussyvyyteen. Nämä poikkeustapauksetkin jäävät kuitenkin usein merkitsemättä, ja kaapeleiden syvyys voi vaihdella myös jälkeenpäin suoritettun maaleikkauksen tai maan lisäämisen vuoksi. Tulevaisuuden rakentamista varten olevaa kaapeliverkkoa tulisi ehdottomasti alkaa dokumentoimaan tarkemmin, jotta tietomallipohjainen rakentaminen olisi

tulevaisuudessa tavallinen käytäntö myös kaapelirakenteiden osalta. (Moilanen 2018.)

Myös kaapelireittien sijaintikyselyt voisi ihannetulevaisuudessa tehdä suoraan kaivinkoneen ohjaamosta reaaliajassa, eikä kaapelinäyttöjä tarvitsisi tilata työmaalle useaan otteeseen. Koneohjauksen hyödyntäminen kaapelirakentamisessa toimisi myös kaapeleiden sijaintitietojen dokumentoimisen välineenä, joka palvelisi tietomallien käyttöä alueen tulevaisuuden rakentamisessa. (Moilanen 2018.)

4 KAAPELITYÖT JA TYÖMENETELMÄT

4.1 Suojaus ja siirto

Ennen kaivuutöiden suorittamista kaapeleiden läheisyydessä, tulee alueen kaapelireittien sijainnit selvittää (5.2.1). Teleoperaattorit ovat velvollisia toimittamaan maksuttoman tiedon kiinteistä kaapeleista rakentajalle, kun sijaintitiedustelu tehdään ajoissa. Kaapeleista annetaan karttatieto, tai ne merkitään maastoon koordinaattitietojen perusteella tai kaapelinhakulaitteen avulla. Kaapeleiden sijaintitiedot eivät aina ole tarkkoja, joten kaapelinäytöstä huolimatta tulee kaivuutöissä noudattaa 1–1,5 metrin suojavyöhykettä merkatun kaapelireitin ympärillä. Suojavyöhykkeen sisällä tulee kaapelit kaivaa esiin lapiokaivuuna ennen konekaivuuta. Myös vanhoja, mahdollisesti käytöstä poistettuja kaapeleita käsitellään kuten käytössä olevia, kunnes on vahvistettu, onko kaapeli käytössä. (Tiehallinto 2009, 27–28.)

Mikäli alueen maanrakentaminen ei aiheuta tarvetta kaapeleiden siirrolle, tulee ne suojata ja tarvittaessa tukea paikoilleen työn ajaksi. Kaapeleita ei saa jättää esimerkiksi uuden tien pinnoitteen alle, joten tien rakentamisen tai parantamisen yhteydessä voi olla syytä siirtää kaapeleita. Kaapeleiden siirtoon tarvitaan aina johdonomistajan lupa. Mikäli kaapeleissa on siirtovaraa, voidaan ne kaivaa esiin ja siirtää uudelle paikalleen. Jos kaapeleissa ei ole tarpeeksi pituutta suoraan siirtoon, pitää kaapeliin lisätä kahdella jatkoksella ja tarvittavalla välikaapelilla lisää pituutta. Käytössä olevan kaapelin jatkamistöitä varten teleurakoitsija hakee katkosajan, jonka sisällä yhteys saa olla poikki.

4.2 Kaapeliojat

Kun kaapelit asennetaan maanvaraisesti, tehdään yleensä kaivinkoneella kaivamalla tien sisäluiskaan kaapelioja (kuvio 10), joka on noin 40 cm leveä ja 70 cm syvä. Kaivu on myös tyypillisin työmenetelmä, kun televerkkoa rakennetaan tienrakentamisen yhteydessä. Kaivaminen sopii lähes kaikenlaisiin maastoihin ja ympäristöihin. Kaivetun kaapeliojan pohjan tulee olla tasainen ja esitäytön maa-aineksen tarpeeksi hienojakoista, jotta täyttömaa ei vahingoita kaapeleita.



Kuvio 10. Kaapeliojan kaivuu (Kettunen & Nurmi 2014, 22)

Kallioisessa maastossa kaapelioja louhitaan. Louhintakohteissa kaapelin asennussyvyys on 0,3 metriä. Louhitun ojan pohjalle tasoitetaan ohut hiekka- tai maakerros ennen kaapeleiden levitystä. Louhintakohteissa voidaan kaapeleiden suojaukseen käyttää tarvittaessa betonisia suojakouruja. (Kettunen & Nurmi 2014, 26.)

Kun kaapeleita asennetaan muun maanrakentamisen ulkopuolella, tähdätään mahdollisimman vähäiseen ja nopeaan kaivamiseen. Kaapelit voidaan asentaa taajaman ulkopuolella esimerkiksi kaivinkoneella auraamalla, jolloin maahan aurataan viiltomainen, 70 cm syvyinen, ura. Auraskalusto syöttää samalla aurattuun uraan kaapelia. Auraus on melko yleinen, nopea ja kustannustehokas tapa kaapelinvetoon. Sitä ei kuitenkaan voida käyttää, jos reitillä on muuta maahan rakennettua infrastruktuuria tai päällystettyjä pintoja. (Kettunen & Nurmi 2014, 19.)



Kuvio 11. Käsikäyttöinen ketjukaivuri (Several 2020)



Kuvio 12. Kaapelijyrsin (Päiviö 2015)

Muita aurauksen kaltaisia työmenetelmiä ovat maasahaus (kuvio 11), kaapeliurajyrsiminen (kuvio 12) ja mikro-ojitus (kuvio 13). Näillä työmenetelmillä kaapelit asennetaan 40 cm syvyyteen. Maasahaus on esimerkiksi piha-alueille sopiva, sillä siihen käytetty ketjukaivuri voi olla kaivinkonetta huomattavasti pienempi. Kaapelijyrsimellä voidaan kaapelia asentaa myös routaiseen maahan, ja se hienontaa suurirakeisemmankin maan täyttömaaksi sopivaksi. Mikro-ojitus soveltuu hyvin taajamiin päällystetyille alueille. (Kosamo 2018, 56–57.)



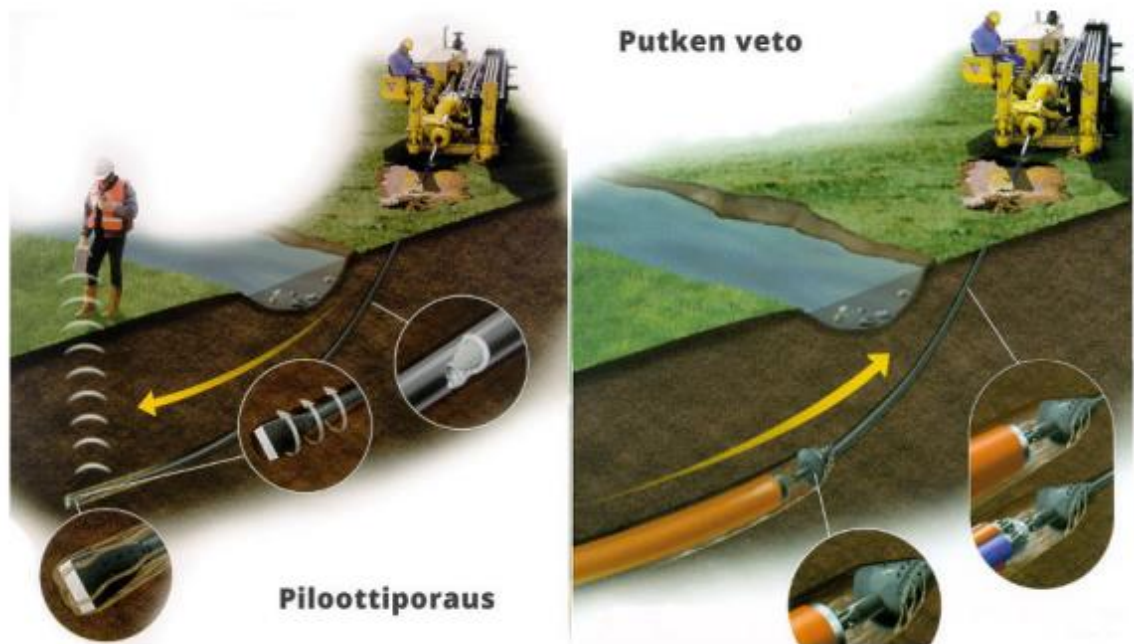
Kuvio 13. Mikro-ojitusta (MT-Tech 2017)

4.3 Alitukset

Kaapelireitin tien alitukset tehdään aina alitusputkia käyttäen. Alitusputki asennetaan niin, ettei siihen pääse kertymään vettä. Alitusputken tulee olla tien pinnasta mitattuna 0,8–1 metrin syvyydessä ja sen molemmat päät tulee merkitä oransseilla merkkiantenni-, eli sondipalloilla. (Kettunen & Nurmi 2014, 30.)

Olemaan tiehen alitukset pyritään tekemään kaivamatta tien läpi, etenkin päällystetyillä tieosuuksilla. Vähäliikenteisillä sorateilla tai muutoin rakentamisen kohteena olevan tien luvanmyöntäjä voi myöntää poikkeuksen. Mikäli alitus tehdään tie poikki kaivamalla, on täyttöön käytettävä tien alkuperäisiä rakennekerroksia. Tien alituksen voi tehdä tien pintaa rikkomatta tunkkaamalla tai suuntaporaamalla. Kivikkoiseen tai kallioiseen maaperään ne eivät kuitenkaan sovi. (Kettunen & Nurmi 2014, 31.)

Tunkkaus on melko yleinen tien alittamistapa, sillä siihen vaadittavaa kalustoa on melko hyvin tarjolla. Tunkkaukseen käytetään hydraulitunkkia, joka porautuu maahan vetäen mukanaan alitusputkea. Tunkkaus vaatii suoran alitusreitit ja tilaa alituskohtaan, sillä tunkkauslaitetta ei voi ohjata kuin eteen ja taakse.



Kuvio 14. Suuntaporaus (Outinen 2016, 12)

Suuntaporaus (kuvio 14) maahan työnnetään porauskärki, ja takaisin vedettäessä se vetää mukanaan alitusputken. Suuntaporauslaitteistoa pystyy ohjaamaan, joten sitä voidaan käyttää pidempiinkin tai muuten haastavampiin alituksiin. Suuntaporalla voidaan porata jopa 600 metriä. (Outinen 2016, 12.)

4.4 Verkon laitteet

Televerkon kiinteitä laitteita ovat esimerkiksi maanvaraiset jatkokset, jakokaapit ja erilaiset kaivot. Kaikki maanpäälliset rakenteet sijoitetaan niin, että ne eivät ole näkemäesteinä, eikä niistä ole haittaa liikenteelle tai tienpidolle. Jatkospaikoille sekä kaapille tai kaivolle tuotuun kaapeliin jätetään työvara teleasentajan jatkamistöitä varten.

Jakokaapit (kuvio 15) ovat kaapelijatkoja ja kytkentäpisteitä varten. Jakokaappi on pohjasta avoin, ja siinä on usein erillinen, maan alle asennettava jalusta. Kaapelit tuodaan kaappiin sen avoimesta pohjasta. Jakokaappi asennetaan tasoitettuun kaivantoon, sen ympäristäytty tiivistetään ja kaappi maadoitetaan kaapelikaivantoon. Eri johdonomistajien kaapit samalla alueella pyritään aina sijoittamaan vierekkäin yhteen paikkaan.



Kuvio 15. Valokuitukaappi (Onninen 2020) Kuvio 16. Muovikaivo (Pipelife 2020b)

Kaapelikaivot ovat muovisia (kuvio 16) tai betonisia, ja niissä voi olla myös jatkoja tai ne voivat olla kanavaputkiston osana vetokaivoina. Kaivoihin liitettyjen putkien sisääntulot tiivistetään. Muoviset kaapelikaivot asennetaan tyypillisesti viheralueelle ja peitetään pintamaalla. Kaivon ympärystäyttö tehdään 40 cm:n leveydeltä kivettömällä hiekalla, joka tasataan ja tiivistetään 30 cm:n kerroksina painumisen estämiseksi. Kaivot ja maanvaraiset jatkot merkitään aina sondipallolla. (Pipelife 2020b.)

5 RAKENTAMINEN

5.1 Työn aloitus

5.1.1 Urakoitsijan valinta

Kaapelirakentamisen toteuttaja sidosryhmätyössä voi olla urakan pääurakoitsija tai teleurakoitsijan oma aliurakoitsija. Tienrakentamisen yhteydessä on yleensä käytännöllisin ratkaisu tehdä kaapelirakentaminen tieurakoitsijan toimesta muun työn yhteydessä.

Kaapelirakentamista tekevältä urakoitsijalta voidaan vaatia erikoisosaamista, joka voi vaikuttaa urakoitsijan valintaan. Esimerkiksi mikrokanavarakentamiseen vaaditaan usein sertifikaatti oikean toteutustavan takaamiseksi.

5.1.2 Aloituskatselmukset

Työn aloituskatselmuksessa käydään läpi suunniteltu kaapelireitti toteutuspaikalla, reitille tulevat laitteet ja niiden sijoituspaikat. Erityisesti huomioitavaa on alueen liikennejärjestelyt ja materiaalien varastointipaikat. Aloituskatselmus on tärkeä osa työn aloittamista, sillä maastossa voi löytyä asioita, jotka edellyttävät muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin. Aloituskatselmukseen osallistuu teleoperaattorin edustaja, tienpitäjä sekä urakoitsija. Aloituskatselmuksessa todetut asiat dokumentoidaan. Työn aikana voidaan pitää välikatselmuksia, mikäli työn toteuttaminen eroaa sijoitusluvassa myönnettyistä kohdista, tai työn toteutus muutoin vaatii muutoksia. (Liikennevirasto 2016, 94.)

5.2 Työn aikana

5.2.1 Kaapelinäyttö

Rakentava urakoitsija on velvollinen tilaamaan alueen olevista kaapelirakenteista kaapelinäytöt ennen kaivuutöiden aloittamista, ja noudattamaan kaivuuohteja kaapeleiden läheisyydessä (4.1). Eri verkonomistajien kaapeleiden sijaintitietoja

voi toimittaa eri tahot, sillä kaapelitietoja ei jaa keskitetty toimija, vaan verkonomistaja itse tai sen palkkaama taho. Kaivaja on kuitenkin vastuussa poikki kaivetusta kaapelista tai sijaintitietojen pyytämättä jättämisestä. Kaapelinäyttöjen tilaaminen voi olla työlästäkin, kun kaivajan pitää etsiä tieto alueella olevista kaapeleista. Erityisesti pienten seutuverkkojen kaapelireitit jäävät helposti selvittämättä ennen kaivuutöitä.

Kaapelien sijaintitietojen luovuttaminen on aina tietoturvariski, jonka vuoksi sijaintitiedot luovutetaan vain kaivuualueelta ja sijaintitiedot pyydetään hävittämään työn päätyttyä. Keskitetysti kaikkien maanalaisten johtojen sijaintitietoja jakava taho voisi olla tietoturvan valvonnan kannalta jopa tehokkaampi, ja välttyttäisiin siltä, että kaivajalta on jäänyt osa sijaintitiedoista pyytämättä. Ruotsissa käyttöön otettu yksi yhteinen kaapelinnäyttöpalvelu vähensi 60–80 % kaivuuvahinkoja, vaikka järjestelmässä ei ole tietoa kaikista kaapeleista. (Johtotietopankki 2018; Moilanen 2018.)

5.2.2 Työturvallisuus

Kaapelirakenteiden maanrakennustöitä koskee samat työturvallisuusohjeet koskien henkilösuojaimeja ja työalueen turvallisuutta, kuin kaikkia maanrakennustöitä (Työturvallisuuslaki (738/2002), Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009) ja Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)). Työturvallisuustoimenpiteet suunnitellaan ja niitä valvotaan. Kaapelirakennuttaja nimeää omien töidensä osalta turvallisuuskoordinaattorin, joka laatii riskianalyysin ja valvoo työturvallisuustoimenpiteiden noudattamista. (Paavilainen 2017, 17.)

Tienrakentamisen yhteydessä noudatetaan tiettyjä ohjeita kaapeleiden vahingoittumisen osalta. Mikäli kaivuun yhteydessä katkaistaan kaapeli, tulee varmistua siitä, onko kaapeli sähkö- vai telekaapeli. Vioittuneesta kaapelista tehdään aina ilmoitus. Katkaistun sähkökaapelin läheisyydestä on poistuttava välittömästi ja otettava yhteys verkonhaltijaan, sillä vikatilanteessa kaapelin jännite ei välttämättä katkea. Katkenneen kuitukaapelin päätä ei saa suunnata silmiin. Valokuidun yhteys perustuu siinä kulkevaan valoon, joka voi vahingoittaa

näköä. Rikkoontuneeseen valokuituun ei kannata myöskään koskea. Valokuitu on yhtä ohut kuin hius, ja siitä voi irrota säikeitä ihoon. (Työsuojeluhallinto 2020.)

5.2.3 Valvonta

Rakentamisen aikana teleoperaattorin edustaja valvoo työn etenemistä ja työn toteuttamisen laatua. Määrävalvonnalla seurataan työn toteutuvia suoritemääriä, kuten kaivuometrejä. Laatu- ja säädösvalvonnalla varmistetaan, että toteutettu työ vastaa teletilaajan asettamia vaatimuksia työn laadusta, ja että työn toteutus noudattaa määrättyjä säädöksiä. (Laaksonen 2014, 20.)

5.3 Työn päätös

5.3.1 Loppudokumentit

Tehdyistä kaapelien rakennustöistä vaaditaan urakoitsijan toimittamana tietyt loppudokumentit. Kaapeleista tulee olla täytettynä kaapelinvetokortit, jotka kertovat mitä kaapelia on vedetty ja kuinka paljon. Kaapelinvetokorttiin täytetään kaapelin tyyppitiedot (3.2.1) ja juoksumetrit kaapelin vaippalukemista. ”Punakynäkuva” on alkuperäinen suunnitelmakuva, johon merkitään työn aikana tulleet muutokset esimerkiksi toteutuneessa reitissä. Kaikista maan alle jätettävistä rakenteista on myös hyvä toimittaa valokuvia, joista voidaan todentaa, että työ on tehty oikein.

Teleyrityksiltä vaadittu kaikkien kaapelireittien sijainnin dokumentointi tehdään tallentamalla operaattoreiden karttapalveluihin kaapelista ja sen pistekohdista, kuten kaivoista tai putkien päistä, koordinaatit maastossa. Kartoituksen tekee usein teleoperaattorin edustaja tai työmaan mittainsinööri. Eri johdonomistajat vaativat kartoitustiedostot eri formaateissa, jolloin kartoitukset on paikoin kömpelö toteuttaa muun työn yhteydessä. Kartoitus on helpoin tehdä avoimesta kaapeliojasta, jolloin kaapelit ovat paikoillaan, mutta näkyvillä. Kaapeliojat kuitenkin usein peitellään rakentamisen edetessä, jolloin kaapelit voidaan kartoittaa myös peiteltyinä. Tällöin niiden sijainti etsitään kaapelinhakulaitteella. Peiteltujen kaapeleiden kartoittamista varten rakentajan tulisi merkitä maastoon kaapelireitin tietoja, kuten vajaasyvyisiä kohtia, alituskohtia ja maanalaisia

kaivoja. Maastomerkinnot ovat usein kuitenkin puutteellisia, tai niitä ei ole ollenkaan, joka voi johtaa kaapelien sijaintitietojen puutteellisuuteen. Kaapelinhakulaitteella ei nähdä kaapelin syvyyttä, jolloin vajaasyvyisyys jää usein dokumentoimatta kartoitustiedostoon. Näin ollen kaapelinnäyttäjäkään ei voi merkata vajaasyvyisiä kohtia kaapelireittiin, ja seuraavalla kaivajalla on suurempi todennäköisyys vahingoittaa kaapelia. Kuten aiemmin tässä työssä on todettu, voisi koneohjausta hyödyntää kaapelisijainnin dokumentoinnissa, ainakin korkeustietojen tallentamiseen. Tarkemmat sijaintiedot kaapeleista palvelisivat sekä operaattoreita että alueen myöhempiä kaivajia.

5.3.2 Loppukatselmuks

Loppukatselmuks pidetään viipymättä, kun työ on valmistunut. Loppukatselmukseseen osallistuu samat sidosryhmien edustajat kuin aloituskatselmukseseen. Loppukatselmuksessa arvioidaan työalueen siisteys ja se, että olevat rakenteet ja laitteet on palautettu ennalleen. Tienpitäjä, eli kaapelien sijoitusluvan myöntäjä, ei voi loppukatselmuksessa arvioida maanalaisten rakenteiden ja laitteiden oikeanlaista asennustapaa ja -syvyyttä. Virheellisestä asennuksesta vastaa johdon omistaja. (Liikennevirasto 2016, 95.)

6 YHTEISTYÖ JA TYÖNJAKO

6.1 Yhteisrakentaminen

Verkonrakentamisen kustannuksista suurin osa muodostuu kaivuukustannuksista. Yhteisrakentamisessa kaivuukustannukset jakaantuvat useammalle osapuolelle, jolloin kustannussäästöt ovat merkittäviä. Yhteisrakentaminen sidosryhmien kesken vähentää myös rakentamisen aiheuttamaa haittaa ympäristölle ja liikenteelle. Johtorakenteiden rakentaminen tulee tehdä aina yhteisrakentamisena, mikäli se on mahdollista. Iso työllistävä tekijä yhteisrakentamishankkeissa on sidosryhmien välinen yhteydenpito ja rakentamisen valvonta.

Yhteisrakentamisen osapuolia sidosryhmätyössä voivat olla esimerkiksi liikenneväylien pitäjät, vesihuoltolaitokset, sähkönjakeluyhtiöt, kaukolämmönjakelijat, teleoperaattorit ja maa-alueiden omistajat (Kettunen & Nurmi 2014, 33). Teleosapuolina voivat olla valtakunnalliset operaattorit, joiden edustajina toimivat usein isot teleurakointiyritykset, tai pienemmät kuntavetoiset verkko-osuuskunnat ja -yhtiöt.

6.2 Työn kulun suunnittelu

Kaapeliojien kaivu sekä kaapeleiden, putkien ja kaapeliverkon laitteiden asennus tulee huomioida, kun suunnitellaan tierakentamisen aikataulua. Aikataulusuunnittelu tehdään yhdessä teleoperaattorin edustajan kanssa, jolloin osataan huomioida teleteknisten töiden aikataulutus. Aikataulumuutokset ja työn etenemisen ilmoitusmenettely on hyvä vakiinnuttaa peruskäytännöksi, jolloin voidaan huomioida hyvissä ajoin materiaalilausten ja teletöiden mahdolliset muutokset. Parhain työkalu aikatauluseurantaan olisi reaaliaikainen suoriteseuranta, jolloin tiedottaminen ei veisi ylimääräistä aikaa.

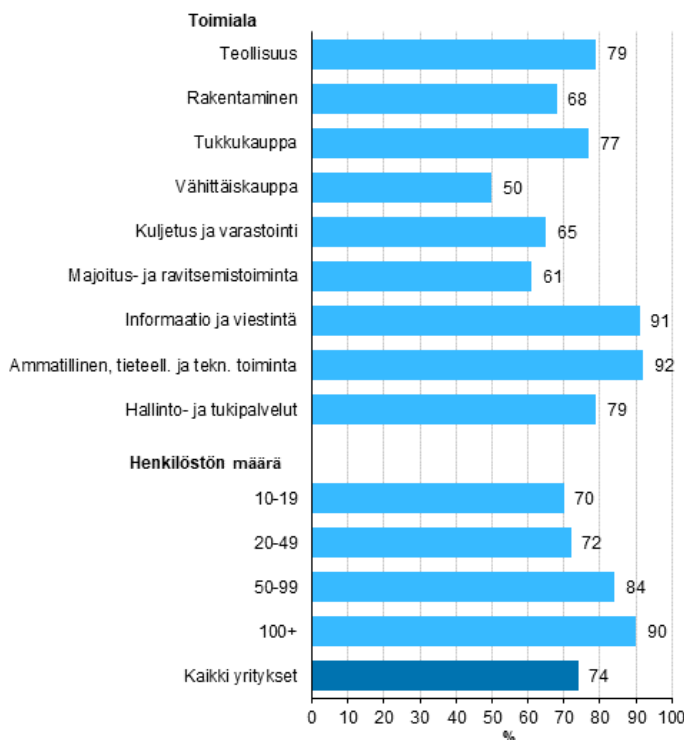
Kaapelitöiden aikataulutuksen tärkein liikkuva osa on usein katkosaikojen hakeminen. Katkosaika tarkoittaa sitä aikaa, jonka olevassa kaapelissa kulkeva yhteys saa olla poikki. Esimerkiksi kaapelin siirtoon voi liittyä katkosaika, kun kaapelia on pitänyt jatkaa pidemmäksi uuden tielinjan tieltä. Katkosaikaa varten

kaapeliurakoitsijan tulee pyytää johdonmistajalta katkokseen lupa ja järjestää teleasentajat tekemään jatkokset katkosajan puitteissa.

6.3 Yhteistyön ja yhteydenpidon kehittäminen

Sidosryhmätöiden toteutuminen voi olla haastavaa. Kompastuskiveksi muodostuu helposti tiedottamisen puute – mahdollisia osallistuvia osapuolia ei ole tiedotettu rakennushankkeista tarpeeksi ajoissa, jolloin työhön osallistuminen voi olla mahdotonta esimerkiksi rahoituksen tai aikatauluongelmien vuoksi. Sidosryhmien välisen yhteistyön pitäisi siis alkaa heti, kun rakennushanketta suunnitellaan.

Toteutuvassa sidosryhmätyössä haasteeksi muodostuu helposti yhteydenpidon puute tai sen huono laatu. Projektiin osallistuvien organisaatioiden välinen viestintä tapahtuu usein sähköpostien, puheluiden ja työmaakäyntien kautta. Henkilötason viestintä projektin suunnittelusta, aikataulutuksesta tai etenemisestä on hidas ja melko haavoittuvainen tapa. Esimerkiksi työnjohtajan sairausloma voi pysäyttää koko viestinnän sidosryhmien välillä, tai tärkeä tieto voi jäädä muulta työnjohdolta saamatta.



Kuvio 17. Pilvipalveluiden käyttö yrityksissä (Tilastokeskus 2019)

Yleisesti organisaatioiden sisäinen viestintä on nykypäivänä pitkälti pilvipalvelupohjaista. Rakennusala on kuitenkin yksi huonoiten näitä resursseja käyttävistä aloista. Rakennusalan yrityksistä 68 % käytti pilvipalveluja vuonna 2019 (kuvio 17). Pilvipalvelua käyttävät yritykset käyttävät eniten edelleen sähköpostia (84 %) (Tilastokeskus 2019). Yleistäviä pilvipalvelujen käyttötapoja viestinnässä ovat kuitenkin esimerkiksi etäkokousten järjestäminen, tiedostojen jakaminen sekä yhteiset projektinhallintatyötilat. Pilvipalveluiden käytön hyödyt näkyvät organisaation sisällä paitsi tehokkaampana viestintänä, myös parantuneena tietoturvana. Yleisimmät pilvipalvelut, kuten Microsoftin tarjoama Office 365, tarjoavat työkaluja eri organisaatioiden väliseen yhteistyöhön.

Rakennusalan käyttöä varten on myös luotu pilvipalveluja, jotka tarjoavat työkalut koko rakennusprosessin hallintaan. Esimerkiksi suomalainen Infrakit on pilvipalveluohjelma, joka tukee erityisesti tietomallinnussuunnittelua ja -rakentamista. Ohjelma yhdistää projektin lähtöaineiston, suunnitelmat ja työn kulun reaaliaikaisen tilanteen kokonaisuudeksi, jota voidaan tarkastella verkossa sijainnista riippumatta myös mobiililaitteella. Rakennushankkeen hallintaohjelmaa voi käyttää parhaimmillaan koko projektiorganisaatio. Suunnittelija voi lisätä geometriamallein tehdyt suunnitelmat, jotka konekuski saa käyttöön koneohjaukseen. Vastaavasti toteutum tiedot saadaan ohjelmaan suoraan koneohjauksesta. Samaan aikaan työnjohto voi seurata työn toteumia reaaliaikaisesti. (Kanniainen 2017, 9.)

Sidosryhmien edustajilla usein siis on olemassa, tai on ainakin syy hankkia, resursseja tehokkaampaan ja varmempaan viestintään yhteisrakentamisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Työnjohdon välisten sähköpostien tai puheluiden sekä paperisten suunnitelmakarttojen sijaan pilvipalvelupohjaisen työtilan käyttö tarjoaisi kokoavamman tiedonhallinnan ja reaaliaikaiset aikataulupäivitykset, ja tarvittavat tiedostot olisivat kerralla saatavilla. Infraprojektin rakentamisvaiheen kokonaisvaltainen digitalisointi ja koneohjaus säästävät noin 20% projektin kustannuksista verrattuna vanhaan paperipohjaiseen työtapaan. Rakentaminen myös telerakentamisen osalta tulisi siis digitalisoida, jotta saataisiin parempia yhteistyötuloksia ja luotettavampaa dokumentointia telerakenteista. (Koskipahta 2017.)

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehdyttää lukija tyypillisimpiin telekaapelitöihin tienrakentamisen yhteydessä. Virallisista säännöksistä sekä materiaalivalmistajien laatimista ohjeista koottu työ toimii perusteet esittelevänä ohjeena kaikille maanrakentajille telekaapeleiden osalta.

Telerakentamisen yllättäviäkin ongelmakohtia nousi esille useiden julkaisujen esittämistä ammattilaisten haastatteluista. Rakennusalan sidosryhmätöiden yleinen kompastuskivi on ollut vanhanaikainen, heikohko yhteydenpito. Se, tai paljon puhuttu kupariverkon vanhanaikaisuus eivät kuitenkaan ole ainoita asioita kiinteän televerkon osalta, jotka eivät vastaa nykypäivän, eikä varsinkaan tulevaisuuden, vaatimuksia.

Kiinteän verkon suunnittelu ja dokumentointi nykyisin käytettävien keinoin ei palvele sidosryhmätyönä toteutettavaa infran rakentamista, tai rakentamista verkon läheisyydessä ylipäättään. Tietomallipohjainen suunnittelu ja koneohjausrakentaminen ovat jatkuvasti kasvavassa käytössä infrarakentamisessa, jonka vuoksi kaapelirakentamisen tulisi myös siirtyä tietomallipohjaiseksi edes osittain. Myös nykykäytäntöjen mukainen kaapeleiden sijaintitiedustelu monelta eri palveluntarjoajalta on rakennusurakoitsijoille hidas ja usein liian epätarkka menetelmä, erityisesti kun muu infrarakentaminen siirtyy yhä enemmän digitalisoituihin rakentamismenetelmiin.

Telerakentamisen digitalisointi sidosryhmätöiden osalta vaikuttaa melko ehdottomalta tulevaisuudessa, vaikka olemassa olevan verkon tarkka mallintaminen tuleekin olemaan vaikeaa vielä pitkään. Telerakentamista tietomallipohjaisena tulisi tutkia ja vaikutuksia vertailla, jotta tiedettäisiin todelliset käytännön hyödyt ja haasteet.

LÄHTEET

BCC Solutions 2020. Valokaapeli. Viitattu 1.5.2020

<https://www.bccsolutions.fi/teknologiat/valokaapeli/>.

BuildingSMART Finland 2020. Lehistötiedote: Rakennusalan tietomallintamisen osaamistarvekyselyssä korostuivat kehitystarpeet tilaamisen helpottamiseen ja yhteisten toimintamallien luominen kaikkiin hankevaiheisiin. Viitattu 5.5.2020 <https://bit.ly/2WjiHDg>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2020 Työlupa tiealueella työskentelyyn. Viitattu 29.4.2020. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/tyolupa-tiealueella-tyoskentelyyn>.

Elisa 2020. Historia vuosikymmenittäin. Viitattu 19.4.2020

<http://corporate.elisa.fi/tietoa-elisasta/historia/historia-vuosikymmenittain/>.

Hexatronic 2015. Valokaapelituotteet liityntäverkkoihin. Viitattu 25.4.2020

https://hexatronic.com/media/207678/2015-12-22_finland_catalog_general_original_lr.pdf.

Johtotietopankki 2018. Kaapelien sijaintitiedot olennaisia

kokonaisturvallisuudelle. Viitattu 5.5.2020

https://johtotietopankki.fi/yritys/ajankohtaista/kaapelien_sijaintitiedot_olennaisia_kokonaisturvallisuudelle.108.news.

Kanniainen, J. 2017. Tietomallipohjainen projektinhallinta Infrakit-järjestelmällä. Lapin AMK. Tekniikka ja liikenne. Opinnäytetyö.

Kettunen, T. & Nurmi S. 2014. Kuituverkon rakentamismenetelmät. Liikenne ja viestintäministeriön julkaisuja 2/2014.

Kilkki, K. 2015. Informaatioteknologian perusteet. Kiinteät verkot. Viitattu 20.4.2020 <https://mycourses.aalto.fi/mod/folder/view.php?id=84282>.

Korpela, T. 2015. Kaapelisuojausputkitusten suunnittelu, rakentaminen ja käyttö. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kosamo, T. 2018. Mikrokanavatekniikan hyödyntäminen optisen verkon rakentamisessa. Lapin AMK. Tekniikka ja liikenne. Opinnäytetyö.

Koskipahta, E. 2017. Infrakit suoraviivaisti rakennushankkeiden tiedonkäsittelyn pilvipalvelullaan. Ite wiki. Viitattu 13.5.2020 <https://www.itewiki.fi/blog/2017/06/infrakit-suoraviivaisti-rakennushankkeiden-tiedonkasittelyn-pilvipalvelullaan/>.

Laaksonen, P. 2014. Kuiturakentajan käsikirja. Viitattu 7.5.2020

<https://www.seutuverkot.fi/assets/files/kuiturakentajan-kasikirja.pdf>.

Lehenberg, J. & Melama, H. 2018. Verkkoinfrastruktuurin käsitelmä. Sitowise. Viitattu 21.4.2020.

https://www.sitowise.com/application/files/6815/3380/6236/Verkkoinfrastrukturiin_kasitemalli_v3.pdf.

Liikenneviraston määräys LIVI/4978/06.04.01/2016.

Moilanen, H. 2018. INFRA:n jäsenyrittäjät: Johtotietoja on liian vaikeaa saada. INFRA ry. Viitattu 11.5.2020
<https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Ajankohtaista/tiedotteet2-kansio/2018/infran-jasenyrittajat-johtotietoja-on-liian-vaikeaa-saada/>.

MT-Tech 2017. Mikro-ojitus – valokuidun matalakaivuu. Viitattu 6.5.2020
<https://mt-tech.fi/mikro-ojitus-valokuidun-matalakaivuu-yksityinen/>.

Mäkelä, E. 2008. Digiviestintää 1800-luvulta. Viitattu 19.4.2020
http://www.lehti.hoksaa.net/lennattimen_historiaa.html.

Nestor Cables 2020. Mitä tyyppimerkintä kertoo valokaapelista? Viitattu 21.4.2020
<https://www.nestorcables.fi/ajankohtaista/blogi/mita-tyyppimerkinta-kertoo-valokaapelista.html>.

Nexans 2015. Kaapeliluettelo. Viitattu 25.4.2020
<https://www.nexans.fi/Finland/2015/kaapeliluettelo/files/docs/all.pdf>.

Onninen 2013. Kaapelinsuojaustarvikkeet. Viitattu 30.4.2020
http://tuotteet.kodinrakennus.com/Tuote_kortit_kuvat/Uponor/Infra/Kaapelinsuojatarvikkeet.pdf.

Onninen 2020. Kuparikaapelit. Viitattu 2.5.2020
<https://www.onninen.fi/nexans-telekaapeli-kanava-maa-nexans-vmohbu-tl-10x2x0-5-k1000/p/AEP218>.

Outinen, A. 2016. Huomioitavat virastoasiat maastosuunnittelussa. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö.

Pipelife 2020a. Sähkö- ja kaapelinsuojatuotteet. Viitattu 30.4.2020
https://www.pipelife.fi/_media/fi/kaapelinsuojaus/sahko-ja-kaapelinsuojatuotteet.pdf.

-2020b. Asennusohje. Viitattu 6.5.2020
<http://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/2865803.pdf>.

Päiviö, O. 2015. Arroch Cable –kaapelijyrsimellä ympäri vuoden. Konepörssi. Viitattu 6.5.2020
<https://koneporssi.com/tyokoneet-2/arrock-cable-kaapelijyrsimella-ympari-vuoden/>.

Several 2020. Ketjukaivuri Vermeer RTX130. Viitattu 6.5.2020
<https://www.several.fi/vermeer/ketjukaivurit-taryaurat/ketjukaivuri-vermeer-rtx130.html>.

Soininen, T. 2013. Avoin kuituverkko. Pirkanmaan alueen esiselvityshanke. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Tietotekniikka ja tietoverkot. Opinnäytetyö.

Paavilainen, J. 2017. Yhteinen kunnallistekninen työmaa. Helsinki: Suomen kuntaliitto.

Telekaapelit ja maantiet 2009. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Helsinki: Tiehallinto. Viitattu 1.5.2020
https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2000026-v-09_telekaapelit_ja_maantiet_2009.pdf.

Tilastokeskus 2019. Pilvipalvelut. Tietotekniikan käyttö yrityksissä. Viitattu 7.5.2020 https://www.stat.fi/til/ict/2019/ict_2019_2019-12-03_kat_003_fi.html.

Työsuojeluhallinto 2020. Vaarat maankaivuussa. Viitattu 8.5.2020
<https://www.tyosuoja.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/sahko/vaarat-maankaivuussa>.

Valokuitunen 2020a. Kohti valokuituaikaa. Viitattu 20.4.2020
<https://www.avoinkuitu.fi/juuri-nyt/kohti-valokuituaikaa>.

-2020b. Hiusta ohuempi valokuitu nielee koko maailman tietoliikenteen. Viitattu 20.4.2020 <https://www.avoinkuitu.fi/juuri-nyt/valokuitu-nielee-koko-maailman-tietoliikenteen>.

LIITTEET

- Liite 1. Valokaapeliin tyyppimerkintä (Nexans 2015, 107)
- Liite 2. Kaapeliin tyyppimerkintä (Nexans 2015, 109)

Valokaapeli tyypimerkintä

FYOVD2PMU 4 x 6 x SML
 Kaapelin rakenne _____
 Kuitujen lukumäärä ja ryhmittely _____
 Kuiden ja päällysteen tyypit _____

Esimerkki tyyppimerkinnästä

Kaapelin rakenne

Ensimmäinen kirjain:

F = valokaapeli

Toinen kirjain:

Y = ontelorakenne

Z = kerrattu rakenne, putkipäällysteiset kuidut

T = kerrattu rakenne, kiinteäpäällysteiset kuidut

X = urarunkorakenne

Seuraavat kirjaimet:

B = laminoitu	O = täytemassa
C = kupari	P = pyöreä teräslanka
D = poimutettu	R = metalliton
H = alumiininauha	lujite-elementti
J = juutti	V = teräsnauha
K = kannatinköysi	S = sisäkäyttö
L = lyijy	U = ulkokäyttö
M = muovi	W = vesistöikäyttö

-Y = kaapelissa useita kuitutyppejä

-SD = puolikuiva rakenne

Kaapelien tyyppimerkinnot

Kaapelin suomalaisessa tyyppimerkinnässä on perinteisesti kirjainosa ja sen perässä numero-osa. Kirjainosasta ilmenee kaapelityyppi ja numero-osasta ilmenee johdinten, parien tai kuitujen lukumäärä sekä johtimen läpimitta, poikkipinta tai kuitutyyppi. On myös syytä huomata, että tällä tyyppimerkinnällä kuvataan kaapelin mekaanista rakennetta eikä suorituskkyä.

Kirjainosassa käytettävien kirjainten merkitykset ovat:

- A alumiini
- B laminoitu
- C kupari
- D 1) poimutettu (korrugoitu)
- 2) digitaalsiirtoon
- F 1) litteä teräslanka
- 2) valokaapeli
- G sinkitty teräsnauha
- H metallisuojaus
- J juutti
- K kannatinköysi
- KL muut telekaapelit
- L lyijy
- M muovi
- O täytemassa (esim. kaapelivaseliini)
- P pyöreä teräslanka
- R metalliton lujite-elementti (esim. FRP-lanka)
- S sisäkäyttöön tarkoitettu
- TL tinattu maadoitusjohdin (tarkenne)
- U ulkokäyttöön tarkoitettu
- V teräsnauha
- VM vaahtomuovi
- W vesistökäyttöön tarkoitettu